

## 歩行中の足底部の三次元形状計測による足部クリアランスの評価

## Evaluation of Foot clearance by 3D Measurement of Sole while Walking

原島 健走 (Takeyuki Harashima) 指導：藤本 浩志

## 1. 研究背景及び目的

転倒はすべての人にとって減少させたい日常生活の事故である。転倒の主要因は歩行中のつまずきであり、つまずきやすさは「遊脚期における足底部と床面との距離」によって表すことができると報告されている。この値の最小値は最小足部クリアランスと呼ばれ、様々な研究で評価されている。しかし高齢者と若年者の最小足部クリアランスを実際に比較すると、差がないことが多くの研究で報告されている。これらの先行研究では主にモーションキャプチャシステムを用い、中足骨頭側面の体表に貼付したマーカの高さを最小足部クリアランスと定義している。しかしこの定義では、厳密には足部の最下点を計測しているわけではないため、見落としている事実もあることが予想される。

これを解決する手法の一つとして、同期された複数の画像から表面形状を復元するコンピュータビジョンの技術がある。先行研究ではこの技術を用いて立脚期の足部の変形が評価されている。本研究ではこの技術を応用して遊脚期の足底面の計測を行い、これにより遊脚期の足部最下点の評価を行うこととした。

## 2. 計測装置

同期された複数の画像を用いる手法は一般にステレオ法と呼ばれ、その画像から表面形状を復元するには、キャリブレーションと対応点探索の2つの処理が必要である。

キャリブレーションとは、「各カメラの位置関係」と「三次元座標とカメラの画像との関係」を事前に調べておくことである。本研究ではZhangの手法を用いた。

対応点探索とは、1台のカメラに投影されているある点が、もう1台のカメラではどこに投影されているか解く問題である。これを容易に解くために、本研究は先行研究に基づいて様々な色の点を並べた画像をプロジェクタで投影することとした。またこのとき点の間隔を密にすることによって、表面形状の復元を可能にした。

画像の撮影には、同期された2台のハイスピードカメラ(EX-FC200S, CASIO社製)を用いた。本研究では遊脚期の足底部を撮影するため、装置を歩行路の下に設置し、サンプリング周波数240Hz、1pxあたりに投影される空間上の範囲が $2 \times 2$ mm以下となるような画像サイズと位置で撮影した。なお、本装置の鉛直方向の誤差は5mm以下であった。

## 3. 実験方法及び結果

本研究における被験者は、20代の健常者2名とした。被験者は裸足で歩行路を歩行し、右足が遊脚期のときに装置の上を通過するように指示した。このときの歩行速度や歩幅、歩調は、被験者本人が歩きやすいものとし、計測前に十分に練習を行ってから計測した。

本研究で作製した装置によって復元された足底面形状の一例を図1に示す。この図は、ある試行における1フレームを切り出したものであり、被験者に対する左右方向をX軸、進行方向をY軸、鉛直方向をZ軸として示している。分析の結果、この試行における足部最下点の高さの最小値は18.1mmであること、また遊脚中期には内側にあった足部最下点が後期には外側方向に約40mm移動するという現象が確認された。

## 4. 考察及び今後の展望

本研究で観測された足部最下点の外側への移動は、つま先が床面から離れるときは第一指側が最後に離れ、踵接地後は第五指側から床面に接するために起こると考えられる。しかしこのような現象は、従来のモーションキャプチャシステムを用いた研究では報告されてこなかった。これは、従来の方法ではマーカの位置を計測していることから、調べられる変数が足部の位置と姿勢に限定されてしまうためである。これに対し本研究の方法では、足底面の形状を復元することができるため、足部最下点位置の変化も調べることができる。

今後、本手法により若年者と高齢者の比較や、頻繁につまずく者とあまりつまずかない者の比較を行うことにより、モーションキャプチャシステムを用いて計測している先行研究では違いがないとされていたものでも、違いを明らかにできる可能性があると考えている。

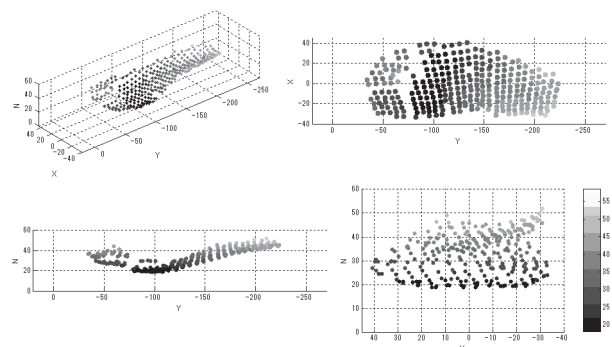


図1. 計測データの一例